

Necessidade de irrigação e desempenho do milho 1ª safra e safrinha em cenários climáticos nas regiões de Chapecó e Maringá

Gabriela Maria Assunção¹, Rosandro Boligon Minuzzi²

¹Acadêmica do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. email: gabrielatsx@gmail.com.

²Professor Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. email: rbminuzzi@hotmail.com.

Autor correspondente: gabrielatsx@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico das 1ª e safrinha do milho cultivado nas principais regiões produtoras do Paraná e de Santa Catarina em diferentes cenários climáticos. Para tal foram utilizadas médias mensais de temperatura do ar e decendiais de chuva (1991 a 2015) com a finalidade de obter o clima atual. Para estimar a produtividade, duração do ciclo, eficiência do uso da água, requerimento de irrigação e o índice de colheita ajustado utilizou-se o software Aquacrop 4.0. As projeções futuras do clima foram baseadas nos cenários RCP4.5 e RCP8.5 fornecidas pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) a curto prazo (2025) e a médio prazo (2055). Observou-se que houve redução no ciclo da cultura e na produtividade da primeira e segunda safra nos cenários avaliados, sem a necessidade de irrigação complementar por déficit hídrico.

Palavras-chave: Aquacrop 4.0, déficit hídrico, produtividade.

Irrigation need and performance of maize 1st harvest and off-season in climatic scenarios in the regions of Chapecó and Maringá

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of the 1st and 2nd crops of maize grown in the main producing regions of Paraná and Santa Catarina in different climatic scenarios. For this purpose, monthly averages of air temperature and rainfall values were used (1991 to 2015) in order to obtain the current climate. To estimate productivity, cycle duration, water use efficiency, irrigation requirement and the adjusted harvest index, the Aquacrop 4.0 software was used. Future climate projections were based on the IPCC scenarios RCP4.5 and RCP8.5 (Intergovernmental Panel on Climate Change) in the short term (2025) and medium term (2055). It was observed that there was a reduction in crop cycle and yield of the first and second crop in the scenarios evaluated, with no need for complementary irrigation due to water deficit.

Keywords: Aquacrop 4.0, productivity, Water deficit.

1 INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores que preocupam e afetam a produção agrícola em todo o planeta, e essas mudanças climáticas decorrentes ao longo dos anos influenciam diretamente o ciclo das culturas e consequentemente. Fazer análises dessas mudanças climáticas leva a compreensão e adaptação dos impactos nos cenários futuros. De acordo com Valverde e Marengo (2009), o aumento da temperatura do planeta ocorre por conta do acréscimo nas concentrações de gases de efeito estufa, associada às atividades antrópicas, que corroboram as mudanças significativas no clima e extremos climáticos, ocasionando impactos ambientais de efeitos físicos e biológicos.

Dados climáticos publicados no ultimo relatório do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) revelam que grandes mudanças vêm alterando o clima ao longo dos últimos anos, estando relacionadas ao acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, que geram efeitos significativos para a agricultura. Marengo (2006) cita alguns extremos climáticos de efeitos que ocorreram no mundo e no Brasil, pelo aumento dos gases de efeito estufa, dentre estes eventos estão as: secas na Amazônia em 2005, no sul do Brasil em 2004-2006 e o furacão Catarina no sul do Brasil, em 2004. Apesar de não haver evidências de que existem relações entre eles, pode-se

afirmar que esses fenômenos têm afetado a população, a economia, agricultura e a saúde com graves impactos nos ecossistemas.

O uso do milho (*Zea mays*) como principal ingrediente na formulação de ração animal é intensamente utilizado na alimentação principalmente de suínos, aves e bovinos, além de apresentar grande importância na alimentação humana. Santa Catarina e Paraná estão entre os estados do Brasil produtores do grão. Segundo dados de levantamento do IBGE (2015), Santa Catarina produziu 4.000.000 t do grão na 1ª e 2ª safra, já o Paraná produziu em torno de 4.000.000 t na 1ª safra e 14.000.000 t na safrinha. A cultura pode ser drasticamente afetada em caso de veranicos, se coincidirem com períodos crítico em que a planta necessita de mais água. Por outro lado o manejo adequado das lavouras pode reduzir as perdas causadas pela falta de água disponível. Por isso é necessário o entendimento da interação solo-planta-atmosfera, para a elaboração de projetos de irrigação e aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos (BERGAMASCHI; MATZENAUER 2014).

A produção de grãos é diretamente influenciada pela disponibilidade de água e, no caso do milho, que é uma cultura que sofre diretamente na produção pela variabilidade no regime pluviométrico se observa a necessidade do monitoramento dos regimes de chuvas para então elaborar um plano de ação ou manejo de irrigação. De acordo com Bergamaschi e Matzenauer (2014), no Brasil a ocorrência de estiagens afetou severamente a produção de milho com severas reduções nas safras de 1990/1991, 1995/96, 1996/97, 1998/99, 2000/01, 2003/04, 2004/05 e 2011/12.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho agrônomo para o milho 1ª safra e safrinha em cenários climáticos futuros nas regiões de Chapecó-SC e Maringá-PR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as médias climatológicas (1991 a 2015) mensais de temperatura mínima e máxima do ar e da precipitação na escala decenal de estações meteorológicas localizadas nas principais mesorregiões produtoras de milho do estado de Santa Catarina (SC) e Paraná (PR) (Figura 1) pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

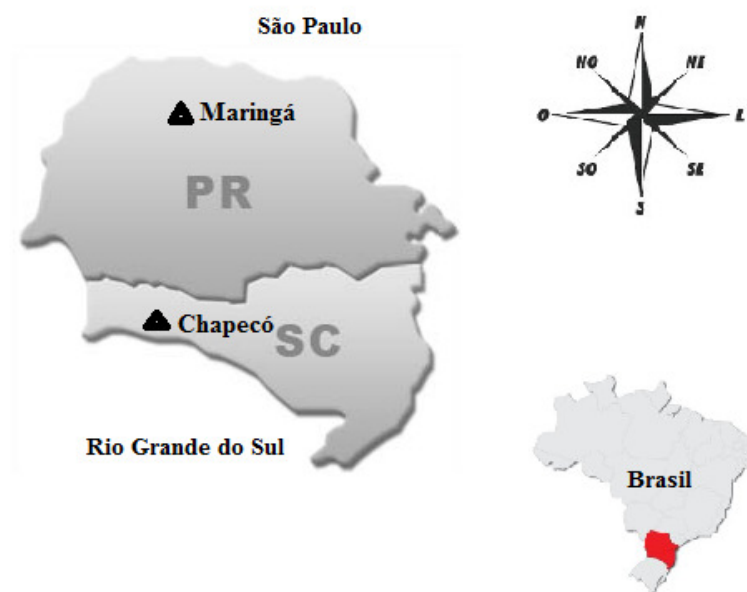


Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas utilizadas no estudo nos estados do Paraná e de Santa Catarina. Fonte: Elaborado pelo autor.

O desempenho agrônômico durante todo o ciclo do milho foi analisado de acordo com as seguintes variáveis: produtividade ($t\cdot ha^{-1}$), duração do ciclo (dias), índice de colheita ajustado (%), requerimento de irrigação líquida (mm) e a EUA (eficiência no uso da água) na produtividade por água evapotranspirada ($kg\cdot m^{-3}$). O software utilizado para fazer as simulações das citadas variáveis foi o Aquacrop 4.0, tendo como dados de entrada os parâmetros climáticos, características da cultura e do solo.

As simulações consideraram as projeções climáticas fornecidas pelo IPCC (sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) baseadas nos valores do percentil 25 e 75% da distribuição do ‘ensemble’ entre os modelos utilizados para gerar o cenário RCP4.5 e RCP8.5, a curto prazo (2016-2035) e a médio prazo (2046-2065), além do clima atual (1991-2015) utilizado como referência. Os desvios de temperatura do ar e precipitação para os estados do Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2, baseados nos valores do percentil 25 e 75% do cenário RCP4.5 e RCP8.5.

As informações referentes ao CO_2 foram medidas no Observatório de Mauna Loa, no Havaí que tem como valor de referencia do clima atual 378,8 ppm que se refere à concentração média medida no ano 2007. Foram consideradas as projeções do cenário RCP4.5 feitas para os anos 2025 (425,8 ppm) e 2055 (499,55 ppm), e 2025 (433 ppm) e

2055 (572 ppm) para o cenário RCP8.5, como sendo representativas dos referidos períodos a curto e médio prazo, respectivamente.

As datas de semeadura utilizadas foram 10 de outubro e 10 de fevereiro, como sendo representativas das 1ª safra e safrinha (FORSTHOFER et al., 2006; PENARIOL et al., 2003), respectivamente. A densidade populacional de semeadura foi proposta por Demétrio et al. (2008) com 75 mil plantas ha⁻¹, o índice de colheita de referência (ICo) de 42% e com relação as temperaturas basais inferior e superior foram estipulados os valores de 10°C e 30°C, respectivamente. Para o cálculo dos graus-dias acumulado (GDA) foi utilizado o método proposto por McMaster & Wilhelm (1997) em que as temperaturas mínima e máxima do ar são ajustadas antes do cálculo da temperatura média desde que elas estejam abaixo ou acima das temperaturas basais inferiores e superior, respectivamente. O acúmulo térmico necessário para a cultura atingir determinadas fases fenológicas a partir da semeadura, foi o seguinte: 128 GDA (emergência), 1141 GDA (floração) e 1937 GDA (maturação).

Para avaliar o impacto do déficit hídrico foi utilizado o índice de colheita ajustado (ICaj) a 42% posteriormente à fase de florescimento da cultura, junto com o ICo juntamente com a taxa de biomassa que reduziu durante a fase reprodutiva.

No caso de haver necessidade de irrigação líquida ficou estipulado irrigar quando a água facilmente disponível na zona radicular estiver a 50% de sua capacidade e aplicar uma lâmina de água variável o suficiente para atingir 20% da capacidade de campo do solo; desconsiderando nas simulações a existência de estresse por salinidade e/ou fertilidade do solo.

Tabela 1 – Desvios trimestrais de temperatura média do ar (°C) baseados nos percentis 25% e 75% projetados para os estados do sul do Brasil, pelos cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

RCP4.5	dez-fev		mar-mai		jun-ago		set-nov	
Período	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	0,5	1,0	0,5	0,7	0,7	1,2	0,5	1
2046-2065	1,0	1,7	1,2	1,7	1,0	2,0	1,0	2,0
RCP8.5								
2016-2035	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7	1,3	1,7
2046-2065	1,7	3,5	1,7	2,5	1,7	2,5	1,7	2,5

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

Tabela 2 – Desvios semestrais de precipitação (%) baseados nos percentis 25 e 75% projetados para os estados do sul do Brasil, pelo cenário RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC para os períodos 2016-2035 e 2046-2065

	RCP4.5				RCP8.5			
	out-mar		abr-set		out-mar		abr-set	
Período	25%	75%	25%	75%	25%	75%	25%	75%
2016-2035	-5	+5	-5	+5	-5	+5	-5	+5
2046-2065	-5	+15	-5	+15	+5	+15	-5	+15

Fonte: Adaptado de IPCC (2013)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a primeira safra do milho baseado nas projeções a curto e médio prazo pelo cenário RCP 4.5 revelam diminuição no ciclo e produtividade para ambos os locais, com exceção de Maringá em curto prazo e Chapecó em médio prazo, onde houve um pequeno aumento na produtividade. Considerando que o ciclo da cultura abrange o período desde a semeadura até sua maturidade fisiológica ou colheita, observou-se que o ciclo tende a diminuir de quatro a doze dias e de um a seis dias nas regiões de Chapecó e Maringá, respectivamente, sendo maior esta redução, quanto mais quente são projetados os valores dos percentis do cenário RCP 4.5 (Tabela 3).

Tabela 3 - Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água em cenários climáticos futuros RCP4.5 para o milho semeado em 10 de outubro.

Semeadura: 10/outubro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25%	75%	25%	75%
CO ₂ (ppm)	378,8	425,8	425,8	499,55	499,55
<u>Chapecó-SC</u>					
Duração do ciclo (dias)	112	-4	-6	-6	-12
Produtividade (t ha ⁻¹)	11.940	-0.11	-0.238	0.118	-0.499
EUA (kg m ⁻³)	4.19	0.51	0.55	0.74	0.71
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42
<u>Maringá-PR</u>					
Duração do ciclo (dias)	98	-1	-3	-2	-6
Produtividade (t ha ⁻¹)	10.860	0.234	-0.008	-0.003	-0.003
EUA (kg m ⁻³)	4.02	0.12	-1.93	0.14	0.12
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

No que se refere à produtividade, houve aumento de 0.118 t ha⁻¹ em apenas um caso isolado para o clima na mesorregião de Chapecó, no percentil de 25%. Já para Maringá houve aumento de 0.234 t.ha⁻¹ na produtividade nas projeções de 25% em médio prazo, por outro lado houve uma pequena redução na produtividade para ambos os locais nas demais projeções de clima futuro (entre 0.030 a 0.747 t.ha⁻¹). Segundo Gadioli et al. (2000) a temperatura do ar tem se apresentado como fator mais importante para a cultura, no caso de não haver déficit hídrico, aliado a premissa do acúmulo de energia ao número de graus dia acumulado, onde a planta necessita de uma quantidade de energia (que varia de cultura para cultura) para completar determinada fase fisiológica. A temperatura do ar tem influência na duração do ciclo por torná-lo mais curto em plantios efetuados em épocas mais quentes.

Como no cenário anterior, o RCP 8.5 houve redução tanto no ciclo quando na produtividade nas duas regiões, salvo em médio prazo onde houve acréscimo de 0.254 t.ha⁻¹ para Maringá. Percebe-se que Chapecó apresenta maiores quedas na produtividade entre

temperatura e concentração de CO₂, luz, nutrientes, status hídrico (MAGALHÃES, 2002). Recentemente Minuzzi e Lopes (2015), encontraram resultados com a relação à produtividade e ciclo da cultura do milho, porém para a região centro-oeste do Brasil, houve correlação entre a duração do ciclo com a biomassa e/ou produtividade, constatando que a redução no ciclo da cultura implica na diminuição da produtividade.

O ciclo da cultura pode variar de acordo com a época da semeadura em conjunto com o local de semeadura e tecnologia aplicada, estas estratégias aliadas fazem com que os rendimentos sejam maximizados e minimiza os custos da lavoura. De acordo com Gadioli et al. (2000), há uma inconsistência no que diz respeito ao número de dias do ciclo, isto ocorre devido ao fato da duração de subperíodos e os ciclos das plantas estarem associados às variações de condições ambientais e não ao número de dias.

Na ocorrência do aumento das chuvas (na maioria das projeções dos cenários futuros) e da temperatura, ligados a idade da planta, e solo, ou seja, na intensidade de precipitação e capacidade de armazenamento de água no solo, são fatores que podem explicar a capacidade da planta em absorver água, o que leva a variação entre as quedas de produtividade. Calvache (et al., 1998), relata que após períodos de chuvas intensas, são quando ocorre as maiores intensidades de evapotranspiração (de 82 a 88 dias após a semeadura), pois a maior evaporação da água nas camadas superficiais do solo e maior transpiração estão ligados a maior umidade relativa e temperaturas menores.

Tendo em consideração o aumento das concentrações de CO₂ projetados para os cenários futuros, pode-se verificar consequentemente o aumento nas temperaturas, esses fatores associados são a causa do decréscimo na produtividade do milho, fisiologicamente a assimilação de carbono é diminuída. Streck e Alberto (2006) avaliariam os possíveis impactos climáticos sob as culturas de trigo, soja e milho no sul do Brasil relatando que a chuva, temperatura e efeitos do CO₂, foram as principais causas da diminuição da produtividade e da redução do ciclo da cultura.

No que diz respeito à segunda safra houve forte tendência a diminuição do ciclo da cultura e da produtividade em ambos os locais avaliados para o cenário futuro RCP4.5. Nota-se que quanto menor a duração do ciclo da cultura maior são as reduções na produtividade. No que tange a EUA e a produtividade, quanto menor o valor EUA menores são as diminuições na produtividade. Em relação aos locais, Maringá apresentou menores reduções, assim como para o clima atual onde estes valores são mais inferiores. A decisão de manter a cultura exposta por mais tempo a campo é certamente do produtor durante a

escolha da cultivar, no entanto a possibilidade da cultura sofrer com as adversidades climáticas na segunda safra pode acabar prejudicando a produtividade até o final do ciclo, correndo riscos de perder toda a lavoura, principalmente pelas ocorrências de geada.

O sucesso no que diz respeito à produtividade na safrinha pode estar intimamente ligado com a época de semeadura. De acordo com Pegorare et al. (2008), condições climáticas adequadas na época da semeadura irão fornecer a cultura seu estabelecimento inicial, por outro lado, devido a ocorrência de veranicos prolongados, a cultura pode sofrer efeitos negativos de produtividade. Acrescentam que fica evidente a possibilidade de geadas na região sul do Mato Grosso como um problema na fase de florescimento, podendo o produtor perder a safrinha.

Segundo Bergamaschi (2010), o que possibilitou o cultivo do milho safrinha no sul do Brasil foi o surgimento de genótipos mais precoces, podendo antecipar as semeaduras nessa região no período de verão-outono, sob temperaturas mais amenas.

A duração do ciclo do milho safrinha projetados nos dois municípios estudados para um panorama futuro mostra que assim como o aumento da temperatura houve decréscimo no número de dias no ciclo da cultura (Tabela 5 e 6). A eficiência do uso da água trouxe resultados de produtividade mais elevadas na safrinha (Tabela 5). A redução no ciclo da cultura foi concomitante a redução na produtividade.

Tabela 5 - Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água em cenários climáticos futuros RCP4.5 para o milho semeado em 10 de fevereiro.

Semeadura: 10/fevereiro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25	75 (%)	25	75
CO ₂ (ppm)	378,8	425,8	425,8	499,55	499,55
<u>Chapecó-SC</u>					
Duração do ciclo (dias)	176	-15	-12	-31	-43
Produtividade (t ha ⁻¹)	22.081	-1.522	-0.921	-3.106	-4.884
EUA (kg m ⁻³)	3.48	0.37	0.43	0.49	0.31
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42
<u>Maringá-PR</u>					
Duração do ciclo (dias)	116	-5	-7	-14	-23
Produtividade (t ha ⁻¹)	13.771	-0.346	-0.664	-1.187	-2.504
EUA (kg m ⁻³)	2.80	0.31	0.28	0.33	0.14
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Tabela 6 - Duração do ciclo após a germinação, produtividade, eficiência no uso da água em cenários climáticos futuros RCP8.5 para o milho semeado em 10 de fevereiro.

Semeadura: 10/fevereiro	Clima atual	2016-2035		2046-2065	
		25	75	25	75
		(%)			
CO ₂ (ppm)	378,8	433	433	572	572
<u>Chapecó-SC</u>					
Duração do ciclo (dias)	176	-33	-41	-42	-7
Produtividade (t ha ⁻¹)	22.081	-3.856	-5.007	-4.462	-0.113
EUA (kg m ⁻³)	3.48	0.29	0.19	0.46	0.81
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42
<u>Maringá-PR</u>					
Duração do ciclo (dias)	116	-12	-14	-16	-20
Produtividade (t ha ⁻¹)	13.771	-1.271	-1.485	-0.995	-1.823
EUA (kg m ⁻³)	2.8	0.21	0.22	0.43	0.31
Irrigação líquida (mm)	0	0	0	0	0
IC ajustado (%)	42	42	42	42	42

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Outro aspecto interessante que pode ser notado é a relação duração do ciclo com a região de plantio, quanto mais o sul (maior latitude), este fator se reflete na produtividade devido ao tempo que a cultura fica no campo, isto relacionado ao fato da cultura demorar mais tempo para atingir a quantidade necessária de graus dia acumulado.

O elevado CO₂ pode gerar um incremento na biomassa e na altura das plantas, 47% e 12% respectivamente, relacionados com o aumento nas taxas fotossintéticas e boas condições hídricas. No entanto, por se tratar de uma planta C4, a resposta ao crescimento fica reduzido para 11% no caso do milho. Levando em conta que a resposta ao crescimento esta associado a outros fatores ambientais, gerando um crescimento mais lento em solos pobres em nutrientes e geadas (POOTER; PÉREZ-SOBA, 2002).

As respostas das plantas C4 a elevados níveis de CO₂ são em média menores que planta C3. Bergonci e Bergamaschi (2002) atribuem isto ao fato de que as plantas C3 têm seu ponto de compensação CO₂ nos valores entre 40 a 50μmol enquanto que as plantas C4 estes valores estão entre 0 e 5μmol. Sabe-se que as plantas C4 tem maior eficiência

fotossintética devido aos mecanismos de concentração de CO₂ presentes nas células da bainha vascular destas espécies (SOUZA, 2007).

De modo geral, pode observar na primeira safra para os cenários futuros que haverá diminuição no ciclo da cultura bem como na produtividade, sem a necessidade de irrigação complementar para suprir a falta de água, sendo que os resultados ressaltam maior diminuição na região de Chapecó. No que tange a segunda safra é notório uma redução acentuada nos valores de produtividade e duração do ciclo, assim como na primeira safra, estes valores são mais representativos em Chapecó.

Contudo, além dos aspectos analisados neste estudo fica evidente a necessidade de simulações mais precisas, no que tange a inclusão de eventos extremos como ondas de calor/frio e chuvas intensas, visto que por serem geralmente de curta duração, são eventos que ficam ocultos quando se utiliza médias mensais/decendiais. Os impactos desses efeitos variam de acordo com a fase fenológica da planta, que variam de espécie para espécie (MINUZZI; LOPES, 2015).

4 CONCLUSÃO

As projeções futuras para os cenários climáticos avaliados em curto e médio prazos pelos cenários RPC4.5 e RPC8.5 do IPCC, revelam que não haverá déficit hídrico para a cultura em ambas as safras (1ª safra e safrinha), no sul do Brasil.

O ciclo da cultura tende a diminuir conforme o aumento da temperatura. Com encurtamento do ciclo é natural que haja também diminuição na produtividade.

É importante que através de estudos e projeções se faça presente medidas de mitigação para que os impactos ambientais causados pelo aumento contínuo de CO₂ na atmosfera não ultrapasse limites toleráveis tanto para humanos quanto para agricultura de modo geral.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o clima. **Porto Alegre: Emater/RS-Ascar**, p.84, 2014.

CALVACHE, A.M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. imbabello. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 485-497, 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-

90161998000300018&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em 14 jan. 2017.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161998000300018>.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETA, J. O.; CAZETA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1691-1697, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008>

GADIOLI, J.L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377-383, 2000.

FORSTHOFER, E.L. et al. Desempenho agrônomo e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

IBGE (Org.). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000020663902102015392812239582.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5** [van OLDENBORGH, G.J.; COLINS, M.; ARBLASTER, J.; CHRISTENSEN, J.H.; MAROTZKE, J.; POWER, S.B.; RUMMUKAINEN, M; T. ZHOU, T. (eds.)]. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Disponível em: <www.climatechange2013.org> e <www.ipcc.ch>. Acesso em: 7 maio 2014.

MCMMASTER, G. S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.87, p.291-300, 1997.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(97\)00027-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(97)00027-0).

MAGALHÃES, P.C. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002, v. 35701, p. 970. (Embrapa Milho e sorgo. Circular Técnica, 22).

MARENGO, J.A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Série Biodiversidade, v.26, 2006.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônomo do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 734-740, 2015.

PEGORARE, A. B. et al. Supplemental irrigation in the cycle of "safrinha" corn under no-tillage system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PENARIOL, F.G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n.2, p. 52-60, 2003.

POORTER, H. & Pérez-Soba, M. Plant growth at elevated CO₂. In: Encyclopedia of global environmental change, John Wiley & Sons, Chichester, p.489-496, 2002.

SOUZA, A.P. de. **A cana-de-açúcar e as mudanças climáticas : efeitos de uma atmosfera enriquecida em 'CO IND. 2' sobre o crescimento, desenvolvimento e metabolismo de carboidratos de Saccharum ssp.** 2007. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

STRECK, N.A; ALBERTO, C.M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p. 1351-1359, 2006.

VALVERDE, M.C.; MARENGO, J.A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Cachoeira Paulista, v.25, n.1, p.125-145, set. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n1/v25n1a11>>. Acesso em: 21 fev. 2017.